



## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年12月 1日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第341637号

出 願 人

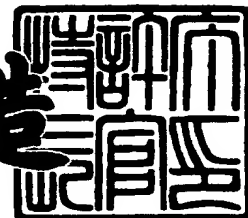
Applicant (s):

ソニー株式会社

2000年 8月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3067581

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900644904

【提出日】 平成11年12月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/20  
H01L 21/203  
H01L 21/266

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 森田 悦男

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708092

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法、窒化物系 I I I - V 族化合物結晶基板、窒化物系 I I I - V 族化合物膜およびデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体の表面に、窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶を所定の厚さに成長させる成長工程を含む窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法であって、

前記成長工程において、

前記結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所に、複数のパターンを形成するようにし、

前記複数のパターンを、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合わないようにしたこと  
を特徴とする窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 2】 前記複数のパターンを、いずれも、前記基体の表面とほぼ平行な面内における一方向に配列した構成部分により形成するようにしたこと  
を特徴とする請求項 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 3】 前記複数のパターンのうち、一つのパターンの構成部分の配列周期と、別のパターンの構成部分の配列周期とが異なるようにしたこと  
を特徴とする請求項 2 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 4】 前記一つのパターン構成部分の配列周期を  $p_1$  とし、別のパターンの構成部分の配列周期を  $p_2$  とすると、

$$0.1 \mu\text{m} < p_1 \times p_2 / |p_2 - p_1| < 5000 \mu\text{m}$$

の関係が成立するようにしたこと

を特徴とする請求項 3 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 5】 前記複数のパターンのうち、少なくとも一つのパターンが、複数の配列周期を有するようにしたこと

を特徴とする請求項 2 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 6】 前記複数のパターンのうち、少なくとも一つのパターンが、隣接する構成部分の間隔を複数有するか、または、構成部分の配列方向の長さを複数有するようにしたこと

を特徴とする請求項 2 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 7】 前記複数のパターンのそれぞれにおける前記構成部分を、ストライプ形状とするようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 8】 前記複数パターンを、いずれも、前記基体の表面とほぼ平行な面内における 2 方向に配列した構成部分により形成するようにしたこと

を特徴とする請求項 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 9】 前記複数のパターンが前記厚さ方向に互いに重なり合う領域と互いに重なり合わない領域とを、前記 2 方向のうちの一方向に併存させるようにしたこと

を特徴とする請求項 8 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 10】 前記複数のパターンが前記厚さ方向に互いに重なり合う領域と互いに重なり合わない領域とを、前記 2 方向のいずれにおいても併存させるようにしたこと

を特徴とする請求項 8 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 11】 前記成長工程は、  
前記基体上に、直接、または所定の下地層を介して、第 1 のパターンを形成する第 1 のパターン形成工程と、

前記第 1 のパターンが形成された前記基体または前記下地層の表面に、前記結晶の一部である中間層を形成する第 1 の成長工程と、

前記第 1 の成長工程により形成された前記中間層の表面に第 2 のパターンを形成する第 2 のパターン形成工程と、

前記第 2 のパターンが形成された前記中間層の表面に前記結晶の一部である表面層を形成する第 2 の成長工程と

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 12】 前記第 1 のパターンおよび第 2 のパターンの少なくとも一方をマスク材料により形成するようにしたこと

を特徴とする請求項 11 記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 13】 前記マスク材料は、酸素 (O) と窒素 (N) からなる群の少なくとも一つと、シリコン (Si) とを含むことを特徴とする請求項 12 記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 14】 前記基体を、サファイア ( $Al_2O_3$ )、シリコン (Si)、炭化珪素 (SiC)、砒化ガリウム (GaAs)、マグネシウム・アルミニウム複合酸化物 ( $MgAl_2O_4$ )、リチウム・ガリウム複合酸化物 ( $LiGaO_2$ ) および窒化ガリウム (GaN) のいずれかを含むように構成するようにしたこと

を特徴とする請求項 11 記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 15】 前記下地層を、前記結晶基板上に窒化物系 III-V 族化合物を結晶成長させることにより形成するようにしたこと

を特徴とする請求項 11 記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 16】 前記第 1 のパターン形成工程では、前記下地層の表面にマスク材料を選択的に形成することによって前記第 1 のパターンを形成するようにし、

さらに、

前記第 1 のパターン形成工程と前記第 1 の成長工程の間に、

前記第 1 のパターンをマスクとして前記下地層をエッチングする工程を含むようにしたこと

を特徴とする請求項 15 記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 17】 前記第 2 のパターン形成工程では、前記第 1 の成長工程により形成された前記中間層上にマスク材料を選択的に形成することによって前記第 2 のパターンを形成するようにし、

さらに、

前記第 2 のパターン形成工程と前記第 2 の成長工程の間に、

前記第 2 のパターンをマスクとして前記中間層をエッチングする工程と、

前記第 2 のパターンのマスク材料を除去する工程と  
を含むようにしたこと

を特徴とする請求項 1 5 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 1 8】 前記第 1 のパターン形成工程では、  
前記基体の表面または前記下地層の表面に凹部を形成することによって前記第  
1 のパターンを形成するようにしたこと

を特徴とする請求項 1 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 1 9】 前記第 2 のパターン形成工程では、  
前記第 1 の成長工程により形成された前記中間層の表面に凹部を形成すること  
により前記第 2 のパターンを形成するようにしたこと

を特徴とする請求項 1 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法。

【請求項 2 0】 さらに、  
前記結晶から、少なくとも前記基体を分離する工程  
を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶  
製造方法。

【請求項 2 1】 窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶基板であって、その厚  
さ方向における互いに異なる箇所に複数のパターンが形成された結晶基板におい  
て、

前記複数のパターンが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、  
少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合わないよう構成されたこと  
を特徴とする窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶基板。

【請求項 2 2】 窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶膜であって、その厚さ  
方向における互いに異なる箇所に複数のパターンが形成された結晶基板において

前記複数のパターンが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、  
少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合わないよう構成されたこと  
を特徴とする窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶膜。

【請求項 2 3】 結晶基板または結晶膜の表面に所定の素子膜を形成するこ  
とによりデバイスを製造する方法であって、

基体の表面に、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物の結晶を所定の厚さに成長させることにより、前記結晶基板または前記結晶膜を形成する成長工程と、

前記結晶基板または前記結晶膜の上に前記所定の素子膜を形成する素子膜形成工程と

を含み、

前記成長工程において、

前記結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所に、複数のパターンを形成するようにし、

前記複数のパターンを、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合わないようにしたこと  
を特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 2 4】 さらに、

前記結晶基板または前記結晶膜から前記基体を分離する工程

を含むことを特徴とする請求項 2 3 記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体レーザ素子などのデバイスの製造方法、このデバイスの製造方法に用いられる窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物結晶基板および窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物結晶膜、およびこれらを製造するための窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物の結晶製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

一般に、例えば半導体レーザ素子や発光ダイオード（LED）などのデバイスの製造工程では、例えばGaN（窒化ガリウム）などのいわゆる窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物からなる結晶基板または結晶膜の表面に半導体膜などを積層形成している。このような製造工程で用いられる結晶基板または結晶膜を得るためには窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物のバルク結晶を形成することが望ましいが、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物のバルク結晶は製造が困難であるため、実際には、例えば

$\text{Al}_2\text{O}_3$ （サファイア）製の基体の上に窒化物系 III - V 族化合物の結晶をエピタキシャル成長させるという方法が用いられている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、基体とその上に形成される結晶の結晶構造の違いや、それらの相互作用の弱さのため、界面から転位が発生し易い。このような転位は結晶の成長方向に延び、結晶を貫通してその表面にまで達する。その結果、得られる結晶基板または結晶膜には欠陥が多いという問題があった。

【0 0 0 4】

この問題を解決するため、特開平 1 0 - 3 1 2 9 7 1 号公報では、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  からなる基体の表面に GaN からなる下地層を形成し、その下地層の表面に  $\text{SiO}_2$ （二酸化珪素）からなるマスクパターンを形成し、このマスクパターンを介して下地層の表面に GaN の結晶を成長させる方法が提案されている。この方法によれば、転位の成長がマスクパターンによって阻まれるため、結晶を貫通してその表面にまで達する転位（いわゆる、貫通転位）の数が減少する。しかしながら、この方法では、マスクパターンの開口部分を通して成長した転位がそのまま結晶を貫通してしまうことから、結晶基板または結晶膜の欠陥の数を十分低減することができない。

【0 0 0 5】

そこで、同公報には、マスクパターンを結晶の厚さ方向に二重に形成し、一方のマスクパターンの開口部を通して転位をもう一方のマスクパターンで遮るようにした方法が開示されている。しかしながら、この方法では、一方のマスクパターンの開口部と他方のマスクパターンとが結晶の厚さ方向に重なり合うように正確に位置合わせする必要がある、作業が困難になるという問題がある。

【0 0 0 6】

また、第 4 6 回応用物理学関係連合講演会 1 9 9 9 年春講演予稿集の第 4 1 6 頁には、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  製の基体上に形成された GaN などの下地層の表面に凹部を加工し、その下地層の表面に GaN 結晶を再成長させる方法が開示されている。この方法によれば、下地層の凹部において転位の成長の方向が変化するため、結



晶を貫通する転位の数はある程度減少する。しかしながら、この方法では、下地層の凹部以外の部分を通過して成長した転位は結晶を貫通してしまうため、貫通転位の数を十分減少させることができないという問題がある。

#### 【0007】

また、MRS Internet J.Nitride Semicond. Res. 4S1, G3.38 (1999) およびMR S Internet J.Nitride Semicond. Res. 4S1, G4.9 (1999) では、「P e n d e o - E p i t a x y」という横方向成長を利用した貫通転位防止方法が提案されている。前者では、種結晶となるG a N結晶にエッチングにより溝を形成し、その溝の側面から横方向に結晶を再成長させるようにしている。後者では、種結晶となるG a N結晶の表面にマスクパターンを形成してエッチングを行い、溝の側面から横方向に結晶を再成長させると共に、種結晶表面からの結晶成長をマスクパターンにより抑えるようにしている。しかしながら、前者では種結晶の表面から転位が伸びる可能性があり、後者ではマスクパターンの上に新たな転位が発生する可能性があるため、貫通転位を十分に防止することができないという問題点がある。

#### 【0008】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、製造が簡単でかつ貫通転位の少ない窒化物系I I I - V族化合物結晶基板および窒化物系I I I - V族化合物結晶膜膜、それらを製造するための窒化物系I I I - V族化合物の結晶成長方法、およびそれらを用いたデバイスの製造方法を提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明による窒化物系I I I - V族化合物の結晶製造方法は、基体の表面に窒化物系I I I - V族化合物の結晶を所定の厚さに成長させる成長工程を含み、成長工程において、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所に複数のパターンを形成するようにし、複数のパターンを少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないようにしたものである。

## 【0 0 1 0】

また、本発明による窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物結晶基板は、その厚さ方向における互いに異なる箇所に複数のパターンが形成された結晶基板であって、複数のパターンが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないよう構成されたものである。

## 【0 0 1 1】

また、本発明による窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物結晶膜は、その厚さ方向における互いに異なる箇所に複数のパターンが形成された結晶膜であって、複数のパターンが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないよう構成されたものである。

## 【0 0 1 2】

また、本発明によるデバイスの製造方法は、基体の表面に窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物の結晶を所定の厚さに成長させることにより結晶基板または結晶膜を形成する成長工程と、結晶基板または結晶膜の上に所定の素子膜を形成する素子膜形成工程とを含み、成長工程において、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所に複数のパターンを形成するようにし、複数のパターンを、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないようにしたものである。

## 【0 0 1 3】

本発明による窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物の結晶製造方法、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物基結晶板、窒化物系ⅢⅢⅢ－Ⅴ族化合物結晶膜およびデバイス製造方法では、複数のパターンが厚さ方向に互いに重なり合わない領域において、転位の成長が確実に阻止される。また、パターンが重なり合う領域と重なり合わない領域とが混在しているため、パターン同士を正確に位置決めしなくても、複数のパターンが厚さ方向に互いに重なり合わない領域（すなわち、転位の成長が確実に阻止される領域）が生じる。

## 【0 0 1 4】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

## 【0015】

## [第1の実施の形態]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。この結晶製造方法は、例えば半導体レーザ素子や発光ダイオード(LED)を形成するための窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物の結晶基板を製造するものである。ここでは、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物としてGaN(窒化ガリウム)の結晶を形成するものとする。

## 【0016】

図1(A)に示したように、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物であるGaNと格子定数および熱膨張係数が近い例えば $Al_2O_3$ (サファイア)からなる基体11を用いる。なお、基体11の材料としては、 $Al_2O_3$ の他に、Si(珪素)、SiC(炭化珪素)、GaAs(砒化ガリウム)、 $MgAl_2O_4$ (マグネシウム・アルミニウム複合酸化物)、 $LiGaO_2$ (リチウム・ガリウム複合酸化物)およびGaNを用いることができる。

## 【0017】

次に、図1(B)に示したように、基体11上に、例えばMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:有機金属化学気相蒸着)法、MBE(Molecular Beam Epitaxy:分子線エピタキシ)法、あるいはその他の気相成長法などを用いてGaNを結晶成長させ、例えば厚さ $2\mu m$ の下地結晶層12を形成する。

## 【0018】

続いて、図1(C)に示したように、下地結晶層12の表面に例えばスパッタ法により $SiO_2$ (酸化珪素)または $Si_3N_4$ (窒化珪素)からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングし、第1のマスクパターン13を形成する。第1のマスクパターン13は、 $4\mu m$ の間隔を開けて配列された幅 $5\mu m$ の多数の平行なストライプ130を有している。ストライプ130の配列周期(ストライプの幅と間隔を合わせた値)は $9\mu m$ である。なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の厚さは、例えば $0.2\mu m$ である。

## 【0019】

次に、図1 (D) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、下地結晶層12の表面にGa Nの結晶層を成長させることにより、中間結晶層14を形成する。すなわち、下地結晶層12の表面において第1のマスクパターン13のストライプ130によって覆われていない面からGa Nの結晶を成長させ、第1のマスクパターン13を完全に覆う厚さにまで成長させる。中間結晶層14の厚さは例えば8  $\mu$  mである。

## 【0020】

続いて、図1 (E) に示したように、中間結晶層14の表面に、例えばスパッタ法によりSi O<sub>2</sub> またはSi<sub>3</sub> N<sub>4</sub> からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングすることにより、第2のマスクパターン15を形成する。第2のマスクパターン15は、第1のマスクパターンと同一の方向に4  $\mu$  m間隔で配列された幅4  $\mu$  mの多数のストライプ150を含むものである。ストライプ150の配列周期は8  $\mu$  mである。

## 【0021】

次に、図1 (F) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、結晶層14の表面にさらにGa Nの結晶層を成長させることにより、表面結晶層16を形成する。すなわち、中間結晶層14の表面において第2のマスクパターン15のストライプ150によって覆われていない面からGa Nの結晶を成長させ、第2のマスクパターン15を完全に覆う厚さにまで成長させる。表面結晶層16の厚さは例えば8  $\mu$  mである。このようにして、図1 (F) に示したような結晶基板10が形成される。

## 【0022】

ここで、結晶基板10は、本発明における「結晶基板」の一具体例または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層12、中間結晶層14および表面結晶層16を合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。また、第1のマスクパターン13および第2のマスクパターン15は、本発明の「複数のパターン」の一具体例に対応する。加えて、ストライプ130およびストライプ150は、本発明における「構成部分」の一具体例に対応する。さら

に、下地結晶層 1 2、中間結晶層 1 4 および表面結晶層 1 6 は、本発明における「下地層」、「中間層」および「表面層」の一具体例にそれぞれ対応する。

#### 【0023】

図 2 は、結晶基板 1 0 における第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 の形状を説明するための断面図である。前述のとおり、第 1 のマスクパターン 1 3 では、ストライプ 1 3 0 の幅  $d_1$  が  $5 \mu\text{m}$ 、その間隔  $d_2$  が  $4 \mu\text{m}$  であり、両者を合わせた配列周期  $p_1$  は  $9 \mu\text{m}$  となる。また、第 2 のマスクパターン 1 5 では、ストライプ 1 5 0 の幅  $d_3$  が  $4 \mu\text{m}$ 、その間隔  $d_4$  が  $4 \mu\text{m}$  であり、両者を合わせた配列周期  $p_2$  は  $8 \mu\text{m}$  となる。第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 の配列周期が互いに異なっているため、図 2 に符号 R で示したように、一方のマスクパターンの開口部と他方のマスクパターンのストライプとが重なり合う領域が生じる。この領域 R 上に、以下に説明するように半導体レーザ素子を形成する。

#### 【0024】

図 3 は、結晶基板 1 0 を用いて形成した半導体レーザ素子 1 0 0 の断面図である。半導体レーザ素子 1 0 0 は、次のようにして形成する。まず、結晶基板 1 0 の表面に、例えば MOCVD 法などを用いて Si を所定量ドーピングした GaN 膜を成長させることにより、n 型 GaN からなる n 型コンタクト層 1 0 1 を形成する。次に、n 型コンタクト層 1 0 1 の上に Si を所定量ドーピングした AlGaIn 膜を成長させることにより、n 型 AlGaIn からなるクラッド層 1 0 2 を形成する。続いて、クラッド層 1 0 2 の上に Si を所定量ドーピングした GaN 膜を成長させることにより、n 型 GaN からなるガイド層 1 0 3 を形成する。次に、ガイド層 1 0 3 の上に GaInN 膜を形成し、多重量子井戸構造の活性層 1 0 4 を形成する。

#### 【0025】

続いて、活性層 1 0 4 の上に Mg を所定量ドーピングした AlGaIn 膜を形成することにより、p 型 AlGaIn からなるキャップ層 1 0 5 を形成する。次に、キャップ層 1 0 5 の上に Mg を所定量ドーピングした GaN 膜を成長させることにより、p 型 GaN からなるガイド層 1 0 6 を形成する。続いて、ガイド層 1 0 6 の上に

Mgを所定量ドーピングしたAlGaIn膜を形成することにより、p型AlGaInからなるクラッド層107を形成する。クラッド層107の上にMgを所定量ドーピングしたGaIn膜を形成することにより、p型GaInからなるp型コンタクト層108を形成する。続いて、p型コンタクト層108およびクラッド層107を例えばドライエッチング法によりストライプ状にパターンニングし、いわゆるレーザーストライプを形成する。

## 【0026】

続いて、n-電極111を形成する位置に対応して、クラッド層102、ガイド層103、活性層104、キャップ層105、ガイド層106、クラッド層107およびp型コンタクト層108をフォトリソグラフィ法などにより除去し、n型コンタクト層101を露出させる。続いて、表面全体を絶縁膜112で覆うと共に、n-電極110とp-電極111を形成する。なお、n-電極110は、Ti（チタン）、Al（アルミニウム）、Pt（白金）およびAu（金）を積層して加熱処理により合金化した構造を有している。また、p-電極111は、Ni（ニッケル）、PtおよびAuを積層して加熱処理により合金化した構造を有している。

## 【0027】

このようにして、図3に示したような半導体レーザ素子100を得ることができる。発光領域であるレーザーストライプ（すなわち、パターンニングされたp型コンタクト層108とクラッド層107）は、結晶基板10において第1のパターン13の開口と第2のパターン15のストライプとが重なり合う領域の上部に形成されている。なお、活性層104の上下に位置するガイド層103、106は、活性層104よりも屈折率が高く、両ガイド層103、106の間で光を閉じこめる構造になっている。

## 【0028】

なお、半導体レーザ素子100は、本発明における「デバイス」の一具体例に対応し、n型コンタクト層101からp型コンタクト層108までの積層体、n-電極110およびp-電極111は、本発明における「素子膜」の一具体例に対応する。

## 【0029】

次に、第1の実施の形態による効果について説明する。図2に符号Tで示した転位は、基体11と下地結晶層12との界面で発生し、下地結晶層12などの成長に伴って基体11の表面にほぼ直交する方向に延びる。このとき、第1のパターン13と第2のパターン15が結晶基板10の厚さ方向に互いに重なり合わない領域（すなわち、一方のパターンの開口部と他方のパターンのストライプとが重なり合う領域）Rでは、転位の一部は第1のマスクパターン13のストライプ130によって成長を阻まれ、残りの転位は第2のマスクパターン15のストライプ150によって成長を阻まれる。すなわち、この領域Rにおいては、転位が結晶基板10の表面に達することが確実に防止される。

## 【0030】

さらに、第1のマスクパターン13の配列周期 $p_1$ と第2のマスクパターン15の配列周期 $p_2$ が異なっているため、そのストライプ130およびストライプ150が互いに平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15とが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。従って、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15を正確に位置決めする必要がなくなり、それだけ製造が簡単になる。つまり、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位の無い高品質の結晶基板を得ることができる。

## 【0031】

なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期 $p_1$ と第2のマスクパターン15ストライプ150の配列周期 $p_2$ は、必要に応じて適宜設定することができる。例えば、半導体レーザ素子100を製造する場合、結晶基板10上に形成するレーザストライプ（クラッド層107およびp型コンタクト層108）同士の間隔は $1\mu\text{m}$ 以上5mm以下であるが、この $1\mu\text{m}$ 以上5mm以下の範囲に貫通転位の無い領域Rを1箇所ないし10箇所設けるには、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期 $p_1$ と第2のマスクパターン15のストライプ150の配列周期 $p_2$ が以下の（1）式を満たすようにする。

$$0.1\mu\text{m} < p_1 \times p_2 / |p_2 - p_1| < 5000\mu\text{m} \cdots (1)$$

## 【0 0 3 2】

## 〔第 1 の変形例〕

次に、本実施形態の第 1 の変形例について説明する。この変形例では、第 2 のマスクパターンの形状が異なる以外は、第 1 の実施の形態と同様である。以下、第 1 の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

## 【0 0 3 3】

図 4 は、第 1 の変形例に係る結晶基板 1 0 A の断面形状を表す図である。この結晶基板 1 0 A では、第 1 のマスクパターン 1 3 は第 1 の実施の形態と全く同様に形成されているが、第 2 のマスクパターン 1 5 A は、配列周期の異なる 2 種類のストライプを有するよう構成されている。例えば、第 2 のマスクパターン 1 5 A は、間隔  $5 \mu\text{m}$  で配列された幅  $4 \mu\text{m}$  のストライプ 1 5 2 と、間隔  $5 \mu\text{m}$  で配列された幅  $7 \mu\text{m}$  のストライプ 1 5 4 とを有している。この場合、ストライプ 1 5 2 の配列周期  $p_3$  は  $9 \mu\text{m}$  となり、ストライプ 1 5 4 の配列周期  $p_4$  は  $12 \mu\text{m}$  となる。これら 2 種類のストライプは規則的に組みあわせても良いしランダムに組みあわせても良い。

## 【0 0 3 4】

このように、第 2 のマスクパターン 1 5 A が複数の配列周期の異なる 2 種類のストライプを有するようにしたため、第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 A を互いのストライプが平行になるようにしさえすれば、第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 A とが重なり合わない領域 R を生じさせることができる。この領域 R では、第 1 の実施の形態と同様、貫通転位の発生を確実に防止することができる。従って、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位の無い高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

## 【0 0 3 5】

なお、この変形例では、第 2 のマスクパターン 1 5 A が複数の配列周期の異なる 2 種類のストライプを有するようにしたが、配列周期の異なる 3 種類以上のストライプを有するようにしても良い。さらに、第 1 のマスクパターン 1 3 が配列周期の異なる複数種類のストライプを有するようにしても良い。



## 【 0 0 3 6 】

## [第 2 の変形例]

次に、本実施形態の第 2 の変形例について説明する。この変形例では、第 2 のマスクパターン 1 5 の形状が異なる以外は、第 1 の実施の形態と同様である。以下、第 1 の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

## 【 0 0 3 7 】

図 5 は、第 2 の変形例に係る結晶基板 1 0 B の断面形状を表す図である。第 1 のマスクパターン 1 3 は、第 1 の実施の形態と全く同様に構成されている。一方、第 2 のマスクパターン 1 5 B は、隣接するストライプの間隔を 2 種類有している。すなわち、第 2 のマスクパターン 1 5 B は、例えば 4  $\mu$ m 間隔で配列された幅 5  $\mu$ m のストライプ 1 5 6 を有しているが、図中 S で示したように、ストライプ 1 5 6 の間隔が異なる（例えば 7  $\mu$ m となっている）部分が設けられている。このようにストライプ 1 5 6 の間隔が異なる部分は規則的に設けても良いしランダムに設けても良い。

## 【 0 0 3 8 】

このように、第 2 のマスクパターン 1 5 B において、ストライプ 1 5 6 の間隔が他と異なる部分を設けたので、第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 B を互いのストライプが平行になるようにしさえすれば、第 1 のマスクパターン 1 3 と第 2 のマスクパターン 1 5 B とが重なり合わない領域 R を生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位の無い高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

## 【 0 0 3 9 】

なお、第 2 のマスクパターン 1 5 A には、ストライプ 1 5 6 の間隔が他と異なる部分を設ける代わりに、ストライプ 1 5 6 の幅が他と異なる部分を設けても良い。また、第 1 のマスクパターン 1 3 に、ストライプ 1 3 0 の間隔または幅が他と異なる部分を設けても良い。

## 【 0 0 4 0 】

## [第 3 の変形例]

次に、本実施形態の第 3 の変形例について説明する。図 6 は、第 3 の変形例に係る結晶基板 1 0 C の構成を表す図である。この変形例は、第 1 のマスクパターン 1 3 C と第 2 のマスクパターン 1 5 C の形状が異なる以外は第 1 の実施の形態と同様である。以下、第 1 の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。なお、図 6 において、表面結晶層 1 6 は図示を省略する。

#### 【0 0 4 1】

図 6 に示したように、第 1 のマスクパターン 1 3 C は、菱形のマスク部 1 3 7 と、そのマスク部 1 3 7 周囲の開口部 1 3 8 からなっている。マスク部 1 3 7 は、小さい方の内角  $\theta_1$  が  $60^\circ$  で大きい方の内角  $\theta_2$  が  $120^\circ$  の菱形形状を有しており、その 2 組の辺に平行な 2 方向（以下、a 方向および b 方向とする。）においてそれぞれ等間隔に配列されている。第 2 のマスクパターン 1 5 C は、菱形の開口部 1 5 7 と、その開口部 1 5 7 の周囲のマスク部 1 5 8 とからなっている。開口部 1 5 7 は、小さい方の内角  $\theta_1$  が  $60^\circ$  で大きい方の内角  $\theta_2$  が  $120^\circ$  の菱形形状を有しており、その 2 組の辺が上記 a 方向および b 方向にそれぞれ一致するように形成されている。また、開口部 1 5 7 は上記 a 方向および b 方向にそれぞれ等間隔に配列されている。

#### 【0 0 4 2】

第 1 のマスクパターン 1 3 C のマスク部 1 3 7 は、a 方向および b 方向において共通の配列周期  $p_1$  を有している。また、第 2 のマスクパターン 1 5 C の開口部 1 5 7 は、a 方向および b 方向において共通の配列周期  $p_2$  を有している。各パターンの a 方向における配列周期と b 方向における配列周期が同じであるため、第 1 のマスクパターン 1 3 C のマスク部 1 3 7 と第 2 のマスクパターン 1 5 C の開口部 1 5 7 とが重なり合う領域が、a 方向と b 方向のいずれにおいても同じ間隔で生じる。例えば、配列周期  $p_1$  を  $8 \mu\text{m}$  とし、配列周期  $p_2$  を  $9 \mu\text{m}$  とすると、第 1 のマスクパターン 1 3 C のマスク部 1 3 7 と第 2 のマスクパターン 1 5 C の開口部 1 5 7 とが重なり合う領域は、a 方向と b 方向のいずれにおいても  $7.2 \mu\text{m}$  毎に生じる。

## 【0 0 4 3】

図 7 は、図 6 に示した結晶基板 1 0 C の a 方向に沿った断面図（A - A 断面図）であり、これは b 方向に沿った断面図（B - B 断面図）と同じである。図 7 に示したように、一方のマスクパターンのマスク部と他方のマスクパターンの開口部とが重なり合う領域 R は、転位が結晶基板 1 0 C の表面まで達しない領域、すなわち貫通転位のない領域となる。

## 【0 0 4 4】

このように、この変形例によると、第 1 のマスクパターン 1 3 C と第 2 のマスクパターン 1 5 C を、回転方向に位置合わせして（すなわち、マスク部 1 3 7 および開口部 1 5 7 の配列方向が互いに平行になるようにして）重ね合わせるだけで、マスク部 1 3 7 と開口部 1 5 7 が重なり合う領域が a 方向および b 方向において例えば  $72\ \mu\text{m}$  間隔で現れるようになる。従って、第 1 のマスクパターン 1 3 C と第 2 のマスクパターン 1 5 C の位置合わせが簡単になる。

## 【0 0 4 5】

なお、マスク部 1 3 7 および開口部 1 5 7 の形状は、菱形以外では、三角形（特に正三角形）、六角形（特に正六角形）、あるいは平行四辺形（特に、 $60^\circ$  または  $90^\circ$  の内角を持つ平行四辺形）であることが望ましい。さらに、一方のマスクパターンのマスク部と他方のマスクパターンの開口部とが重なり合う領域が、2 つの方向において同じ間隔で（あるいは、一方向における間隔が、他の方向における間隔の整数倍になるように）現れるようにすることが望ましい。

## 【0 0 4 6】

## [第 4 の変形例]

次に、本実施の形態の第 4 の変形例について説明する。第 1 の実施の形態およびその第 1 ないし第 3 の変形例では、図 1（F）に示したように基体 1 1 および結晶層 1 2, 1 4, 1 6 を一体としたものを結晶基板 1 0 とした。しかしながら、基体 1 1 と幾つかの結晶層を除去して、表面結晶層 1 6 のみからなる結晶基板、（あるいは、表面結晶層 1 6 と他の結晶層からなる結晶基板）を得ることができる。なお、基体 1 1 など除去する方法としては、例えばレーザ光を照射する方法、超音波により振動を与える方法などがある。このようにして製造された結

晶基板を用いて半導体レーザ素子を形成することも可能である。図 8 は、表面結晶層 1 6 のみからなる結晶基板 1 0 D を用いて形成した半導体レーザ素子 1 0 0 A の一例を表す断面図である。結晶基板 1 0 D 上に形成されている各素子層は、図 3 に示した第 1 の実施の形態と同様に構成されている。

【0 0 4 7】

〔第 2 の実施の形態〕

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法について説明する。図 9 および図 1 0 は、本実施の形態に係る窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

【0 0 4 8】

図 9 (A) に示したように、第 1 の実施の形態と同様、例えば  $Al_2O_3$  からなる基体 2 1 を用いる。なお、基体 2 1 の材料としては、 $Al_2O_3$  の他に、Si、SiC、GaAs、 $MgAl_2O_4$ 、 $LiGaO_2$  および GaN を用いることができる。

【0 0 4 9】

次に、図 9 (B) に示したように、基体 2 1 の上に、例えば MOCVD 法、MBE 法あるいはその他の気相成長法を用いて GaN を結晶成長させることにより、下地結晶層 2 2 を形成する。

【0 0 5 0】

続いて、図 9 (C) に示したように、下地結晶層 2 2 の表面に例えばスパッタ法により  $SiO_2$  および  $Si_3N_4$  の 2 層からなる膜をこの順に積層形成し、フォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターニングすることにより、第 1 のマスクパターン 2 3 を形成する。第 1 のマスクパターン 2 3 は、 $4\mu m$  の間隔を開けて配置された幅  $5\mu m$  の多数の平行なストライプ 2 3 0 を有しており、各ストライプ 2 3 0 は  $Si_3N_4$  からなる下層 2 3 a と  $SiO_2$  からなる上層 2 3 b を含んでいる。このストライプ 2 3 0 の配列周期は  $9\mu m$  となる。

【0 0 5 1】

次に、図 9 (D) に示したように、第 1 のマスクパターン 2 3 を窓として例えばドライエッチングを行い、下地結晶層 2 2 の第 1 のマスクパターン 2 3 に覆わ

れていない部分を選択的に除去する。エッチング深さは、下地結晶層 22 を基体 21 に達するまで除去するに十分な深さとする。なお、ドライエッチングは、例えば R I E (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) 法を用いて行うのが望ましい。

#### 【0052】

次に、図 9 (E) に示したように、下地結晶層 22 上に、例えば MOCVD 法などを用いて GaN の結晶を成長させることにより、中間結晶層 24 を形成する。このとき、中間結晶層 24 は、下地結晶層 22 に形成されたエッチング溝の側面から主に成長する。中間結晶層 24 は、第 1 のマスクパターン 23 を完全に覆う厚さまで成長させる。

#### 【0053】

続いて、図 9 (F) に示したように、中間結晶層 24 の表面に、例えばスパッタ法により  $\text{SiO}_2$  からなる膜を形成し、フォトリソグラフィー法およびドライエッチング法によりパターンニングして第 2 のマスクパターン 25 を形成する。第 2 のマスクパターン 25 は、 $4\ \mu\text{m}$  の間隔で配列された幅  $4\ \mu\text{m}$  の多数のストライプ 250 を有しており、このストライプ 250 の配列周期は  $8\ \mu\text{m}$  となる。

#### 【0054】

次に、図 9 (G) に示したように、第 2 のマスクパターン 25 を窓として例えば R I E 法によるドライエッチングを行い、中間結晶層 24 の第 2 のマスクパターン 25 に覆われていない部分を選択的に除去する。エッチング深さは、中間結晶層 24 を第 1 のマスクパターン 23 に達するまで除去するに十分な深さとする。このとき、上述の第 1 のマスクパターン 23 がエッチングストッパーとなるため、中間結晶層 24 の第 1 のマスクパターン 23 より下の部分は除去されない。

#### 【0055】

次に、図 10 (A) に示したように、例えばフッ化水素水を用いて、 $\text{SiO}_2$  からなる第 2 のマスクパターン 25 (図 9 (G)) を完全に除去する。このとき、第 1 のマスクパターン 23 のうち  $\text{SiO}_2$  からなる上層 23b が除去され、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  からなる下層 23a は除去されずに残る。

## 【 0 0 5 6 】

続いて、図 1 0 ( B ) に示したように、例えば M O C V D 法などを用いて、中間結晶層 2 4 の表面および周囲にさらに G a N の結晶層を成長させ、表面結晶層 2 6 とする。この表面結晶層 2 6 は、中間結晶層 2 4 に形成されたエッチング溝の側面から主に成長する。このようにして、図 1 0 ( B ) に示したような結晶基板 2 0 が形成され、この結晶基板 2 0 の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を成長させる。半導体レーザ素子を構成する多層膜の形成工程は、図 3 に示した第 1 の実施の形態と同様であるため、その説明は省略する。なお、この結晶基板 2 0 は結晶膜であっても良い。

## 【 0 0 5 7 】

なお、本実施の形態では、基体 2 1 および結晶層 2 2 , 2 4 , 2 6 が一体となったものを結晶基板 2 0 としたが、基体 2 1 と下地結晶層 2 2 および中間結晶層 2 4 を（あるいは、さらに表面結晶層 2 6 の一部を）除去することによって、結晶性の良好な表面結晶層 2 6 のみからなる結晶基板を形成することもできる。また、このようにして形成された結晶基板を用いて半導体レーザ素子などを形成することも可能である。

## 【 0 0 5 8 】

ここで、結晶基板 2 0 は、本発明における「結晶基板」の一具体例、または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層 2 2 、中間結晶層 2 4 および表面結晶層 2 6 を合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。また、第 1 のマスクパターン 2 3 およびエッチングされた中間結晶層 2 4 は、本発明における「複数のパターン」の一具体例にそれぞれ対応する。加えて、ストライプ 2 3 0 およびストライプ 2 5 0 は、本発明における「構成部分」の一具体例にそれぞれ対応する。さらに、下地結晶層 2 2 、中間結晶層 2 4 および表面結晶層 2 6 は、本発明における「下地層」、「中間層」および「表面層」の一具体例にそれぞれ対応する。

## 【 0 0 5 9 】

次に、本実施の形態の効果について説明する。図 9 ( E ) において、基体 2 1 と下地結晶層 2 2 との界面で発生した転位（図示せず）は、下地結晶層 2 2 など

の成長に伴って基体 21 の表面にほぼ直交する方向に延びる。しかしながら、中間結晶層 24 は下地結晶層 22 のエッチング溝の側面から成長するため、下地結晶層 22 中に存在する転位が中間結晶層 24 に伝播しにくい。

#### 【0060】

また、第 1 のマスクパターン 23 のストライプ 230 の上から新しい転位が延びたとしても、図 9 (G) に符号 R で示した領域（すなわち、第 1 のマスクパターン 23 のストライプ 230 と第 2 のマスクパターン 25 の開口部とが重なり合う領域）では、中間結晶層 24 のストライプ 230 の上部に位置する部分が除去される。従って、表面結晶層 26 に転位が伝播する可能性が極めて少なくなる。従って、第 1 の実施の形態と同様、結晶基板 20 には貫通転位が殆ど無い領域 R が形成される。

#### 【0061】

また、第 1 のマスクパターン 23 のストライプ 230 の配列周期と第 2 のマスクパターン 25 のストライプ 250 の配列周期が異なっているため、両マスクパターンのストライプ 230 およびストライプ 250 が互いに平行になるようにしさえすれば、第 1 のマスクパターン 23 および第 2 のマスクパターン 25 が重なり合う領域 R を生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。

#### 【0062】

第 1 の実施の形態と同様、第 1 のマスクパターン 23 のストライプ 230 の配列周期  $p_1$  と第 2 のマスクパターン 25 の第 2 のマスクパターン 250 の配列周期  $p_2$  は、例えば上述の (1) 式を満足するように適宜設定することができる。また、第 1 の実施の形態の第 1 の変形例ないし第 4 の変形例については、いずれも第 2 の実施の形態に適用することができる。

#### 【0063】

##### 〔第 3 の実施の形態〕

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係る窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法について説明する。図 11 は、本実施の形態に係る窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

## 【0064】

図11 (A) に示したように、第1および第2の実施の形態と同様、窒化物系 III-V 族化合物である GaN と格子定数および熱膨張係数が近い例えば  $Al_2O_3$  からなる結晶基板 31 を用いる。次に、図11 (B) に示したように、結晶基板 31 の上に、例えば MOCVD 法、MBE 法あるいはその他の気相成長法を用いて GaN を結晶成長させることにより、下地結晶層 32 を形成する。

## 【0065】

続いて、図11 (C) に示したように、例えばドライエッチングにより下地結晶層 32 にストライプ状の凹部 330 を多数形成することにより、第1の凹凸パターン 33 を形成する。この第1の凹凸パターン 33 の凹部 330 は、一方向に  $4\mu m$  の間隔を開けて形成された幅  $5\mu m$  の平行なストライプ状に形成されており、その配列周期  $p_1$  は  $9\mu m$  となる。

## 【0066】

次に、図11 (D) に示したように、下地結晶層 32 の表面に例えば MOCVD 法などを用いて GaN の結晶層を成長させ、中間結晶層 34 を形成する。続いて、図11 (E) に示したように、例えばドライエッチングにより中間結晶層 34 の表面にストライプ状の凹部 350 を多数形成し、第2の凹凸パターン 35 とする。この第2の凹凸パターン 35 の凹部は、第1の凹凸パターン 33 と平行な方向に  $4\mu m$  の間隔を開けて形成された幅  $4\mu m$  の平行なストライプ状に形成されており、その配列周期  $p_2$  は  $8\mu m$  となる。

## 【0067】

続いて、図11 (F) に示したように、例えば MOCVD 法などを用いて、中間結晶層 34 の表面にさらに GaN の結晶層を成長させ、表面結晶層 36 とする。このようにして、図11 (F) に示したような結晶基板 30 が形成され、この結晶基板 30 の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を成長させる。半導体レーザ素子を構成する多層膜の形成工程は、図3に示した第1の実施の形態と同様であるため、その説明は省略する。なお、結晶基板 30 は結晶膜であっても良い。



## 【0068】

ここで、結晶基板 30 は、本発明における「結晶基板」の一具体例、または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層 32、中間結晶層 34 および表面結晶層 36 を 3 層合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。さらに、第 1 の凹凸パターン 33 および第 2 の凹凸パターン 35 は、本発明における「複数のパターン」の一具体例に対応する。加えて、ストライプ 330 およびストライプ 350 は、本発明における「構成部分」の一具体例にそれぞれ対応する。さらに、下地結晶層 32、中間結晶層 34 および表面結晶層 36 は、本発明における「下地層」、「中間層」および「表面層」の一具体例にそれぞれ対応する。

## 【0069】

次に、本実施の形態の効果について、図 11 (F) を参照して説明する。第 1 の凹凸パターン 33 と第 2 の凹凸パターン 35 の配列周期が互いに異なっているため、図 11 (F) に符号 R で示したように、第 1 の凹凸パターン 33 と第 2 の凹凸パターン 35 とが重なり合わない領域が生じる。

## 【0070】

基体 31 と下地結晶層 32 との界面で発生した転位（図示せず）は、下地結晶層 32 などの成長に伴って基体 31 の表面にほぼ直交する方向に延びる。しかしながら、上記の領域 R では、転位の一部は第 1 の凹凸パターン 33 の凹部 330 によってその成長方向が横方向に曲げられる。また、転位の残りの部分は第 1 の凹凸パターン 33 の凹部以外の部分（すなわち凸部）を通過して成長するが、第 2 の凹凸パターン 35 の凹部 350 によって成長方向が横方向に曲げられる。従って、第 1 および第 2 の実施の形態と同様、結晶基板 30 には貫通転位が殆ど無い領域 R が形成される。

## 【0071】

また、第 1 の凹凸パターン 33 の配列周期と第 2 の凹凸パターン 35 の配列周期が異なっているため、両凹凸パターンの凹部 330 および凹部 350 が互いに平行になるようにしさえすれば、第 1 の凹凸パターン 33 および第 2 のマスクパターン 35 が重なり合う領域 R を生じさせることができる。すなわち、第 1 およ

び第 2 の実施の形態と同様、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。

#### 【0072】

第 1 の実施の形態と同様、第 1 の凹凸パターン 3 3 の凹部 3 3 0 の配列周期  $p_1$  と第 2 の凹凸パターン 3 5 の凹部 3 5 0 の配列周期  $p_2$  は、例えば上述の (1) 式を満足するように適宜設定することができる。また、第 1 の実施の形態の第 1 の変形例ないし第 4 の変形例については、いずれも第 3 の実施の形態に適用することができる。

#### 【0073】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、結晶基板の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を形成するようにしたが、半導体レーザ素子の代わりに発光ダイオード、半導体デバイスなどを形成することも可能である。また、上述した実施の形態では、活性層とクラッド層の間にガイド層が配置されたいわゆる SCH (Separate Confinement Heterostructure) 型の半導体レーザ素子を構成する場合について説明したが、他の種々のタイプのレーザ構造に適用することができる。

#### 【0074】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 2 0 に記載の窒化物系 III-V 族化合物の結晶製造方法、請求項 2 1 に記載の窒化物系 III-V 族化合物結晶基板、請求項 2 2 に記載の窒化物系 III-V 族化合物結晶膜、および請求項 2 3 または請求項 2 4 に記載のデバイスの製造方法によれば、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所に形成した複数のパターンを、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないようにしたので、複数のパターンが重なり合わない領域において転位が結晶の表面に達するのを防止することができ、この領域を使用することにより貫通転位の無い良質な結晶（例えば結晶基板または結晶膜）を得ることができるという効果を奏する。また、2 つのパターンを面内方向に位置合わせしなくても、複数のパタ

ーンが重なり合わない領域（すなわち、貫通転位の無い領域）を形成することができるので、位置決め作業が簡単になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

【図 2】 結晶基板の断面図である。

【図 3】 図 1 に続く工程を表す図である。

【図 4】 第 1 の実施の形態の第 1 の変形例に係る結晶基板を表す断面図である。

【図 5】 第 1 の実施の形態の第 2 の変形例に係る結晶基板を表す断面図である。

【図 6】 第 1 の実施の形態の第 3 の変形例に係る結晶基板を表す斜視図である。

【図 7】 図 6 の結晶基板を表す断面図である。

【図 8】 第 1 の実施の形態の第 4 の変形例に係る半導体レーザ素子を表す断面図である。

【図 9】 本発明の第 2 の実施の形態に係る窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

【図 1 0】 図 9 に続く工程を表す図である。

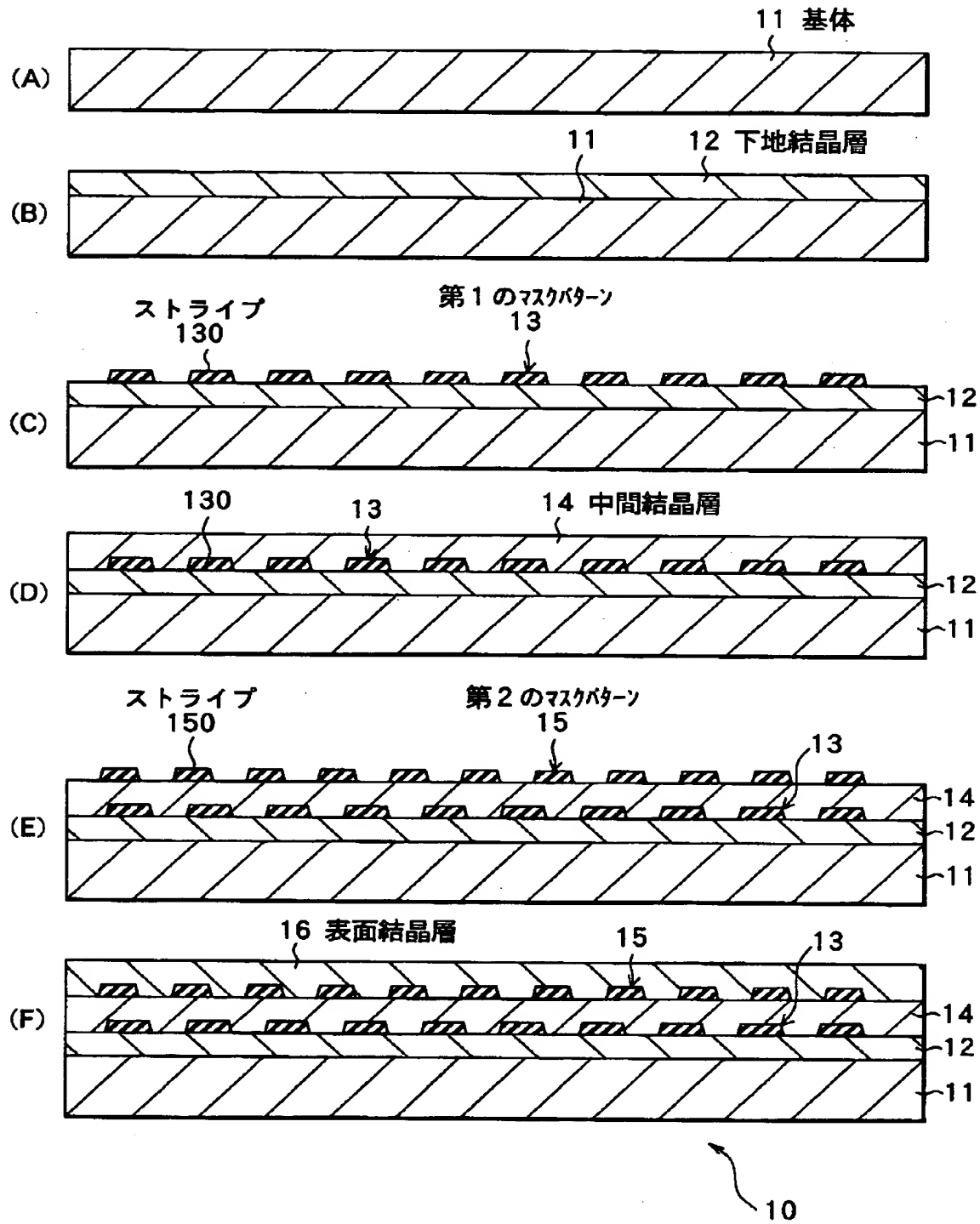
【図 1 1】 本発明の第 3 の実施の形態に係る窒化物系 I I I - V 族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

【符号の説明】

1 0 … 結晶基板、1 1 … 結晶基板、1 2 … 下地結晶層、1 3 … 第 1 のマスクパターン、1 4 … 中間結晶層、1 5 … 第 2 のマスクパターン、1 6 … 表面結晶層、2 0 … 結晶基板、2 1 … 結晶基板、2 2 … 下地結晶層、2 3 … 第 1 のマスクパターン、2 4 … 中間結晶層、2 5 … 第 2 のマスクパターン、2 6 … 表面結晶層、3 0 … 結晶基板、3 1 … 結晶基板、3 2 … 下地結晶層、3 3 … 第 1 の凹凸パターン、3 4 … 中間結晶層、3 5 … 第 2 の凹凸パターン、3 6 … 表面結晶層、1 0 0 … 半導体レーザ素子。

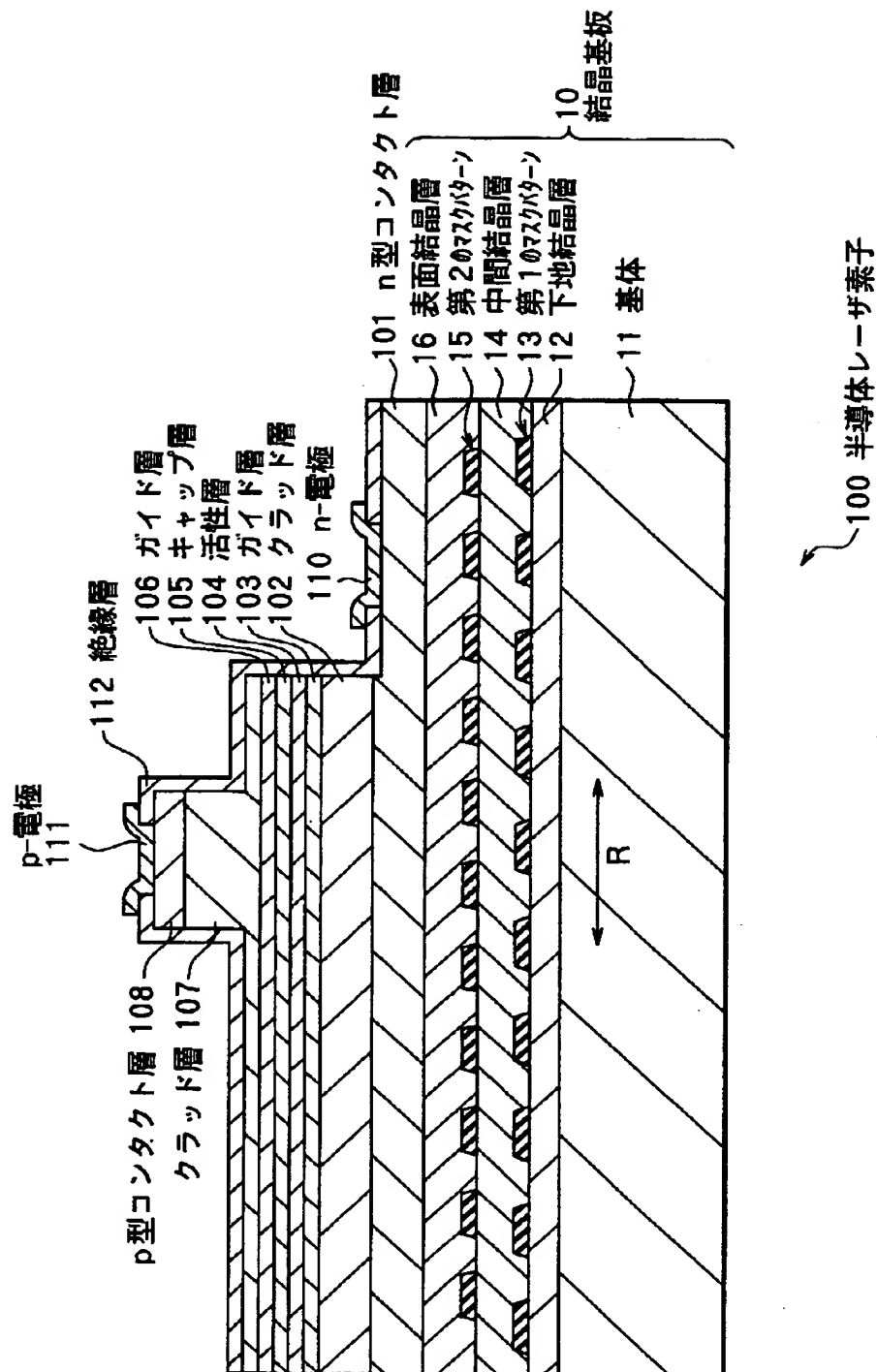
【書類名】 図面

【図 1】

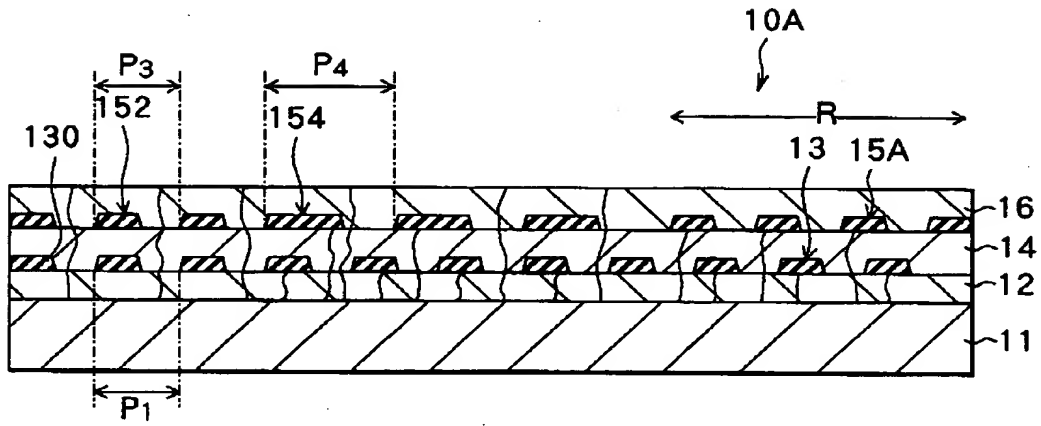




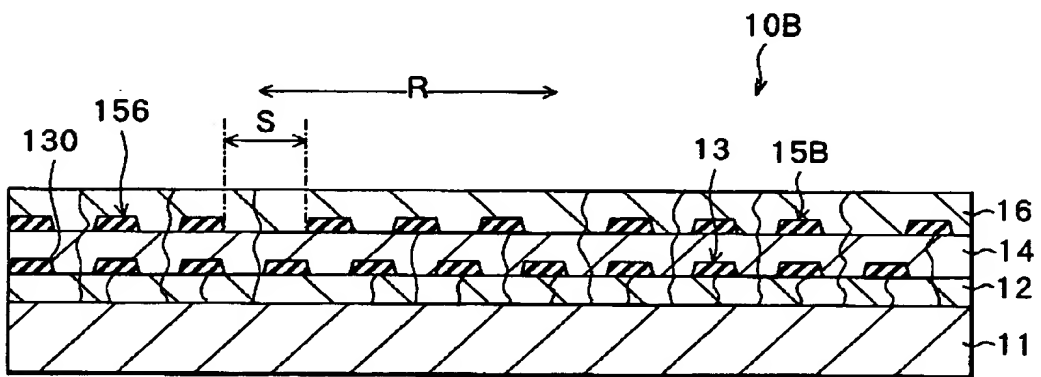
【図 3】



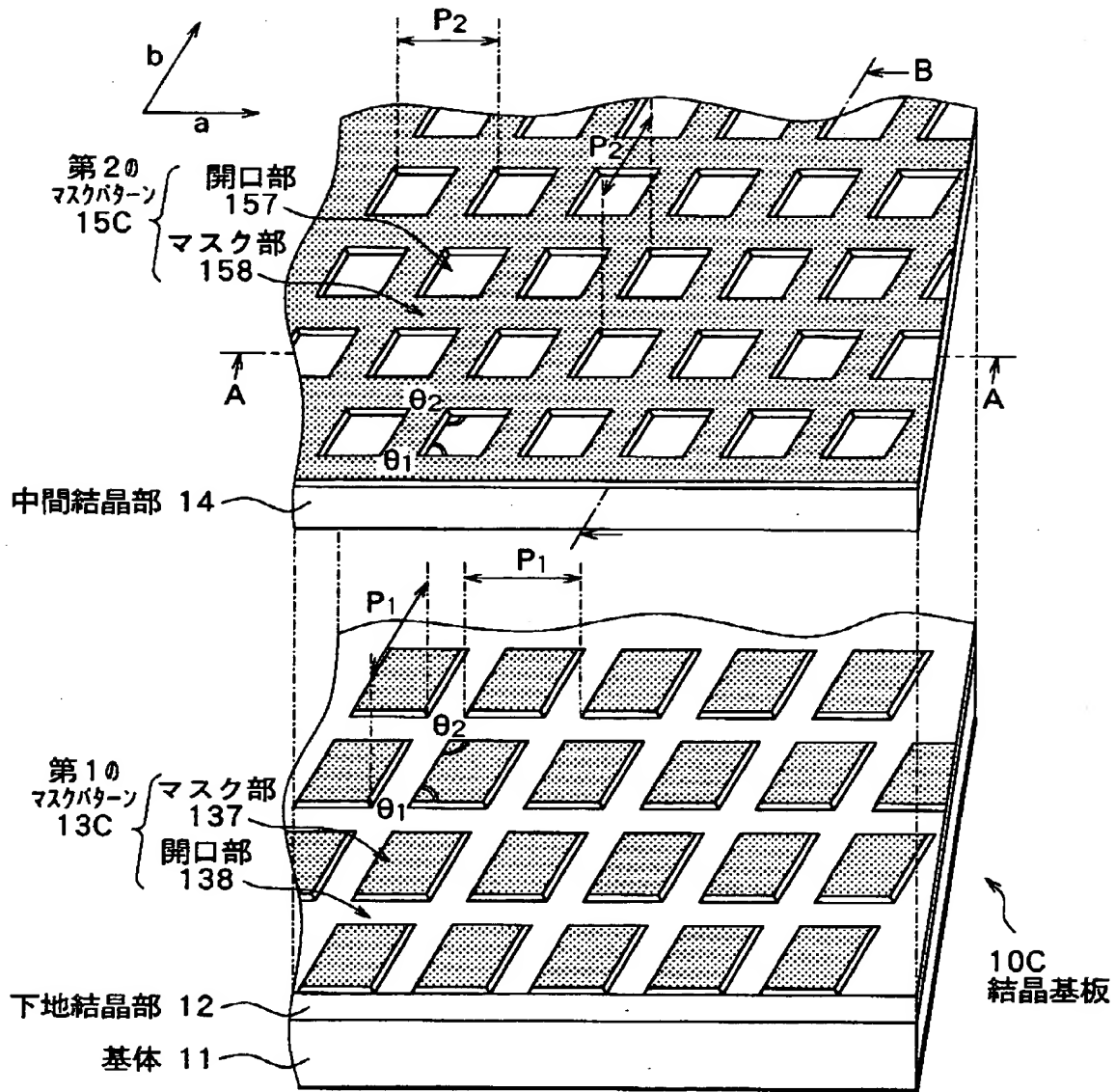
【图 4】



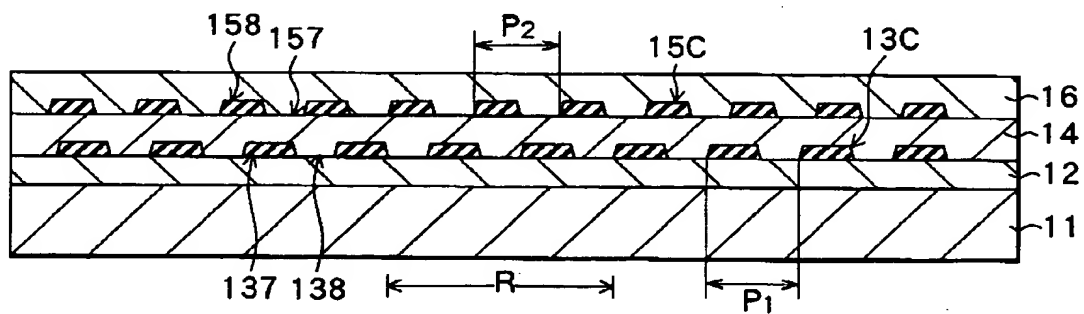
【图 5】



【図 6】

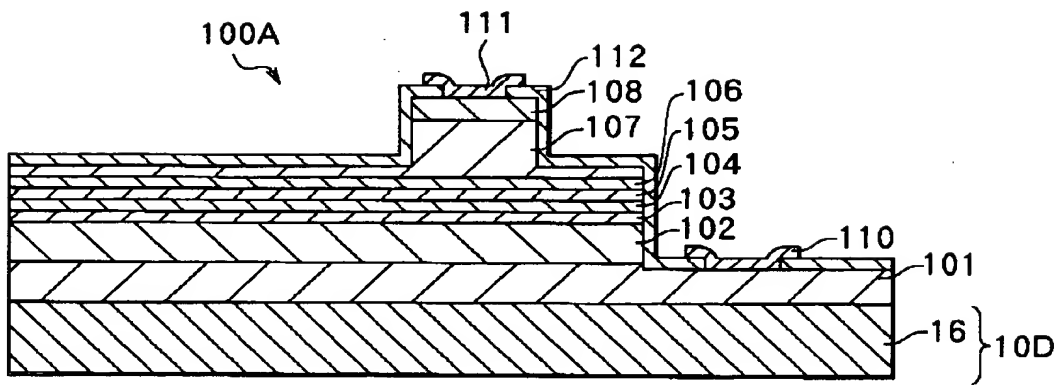


【図 7】

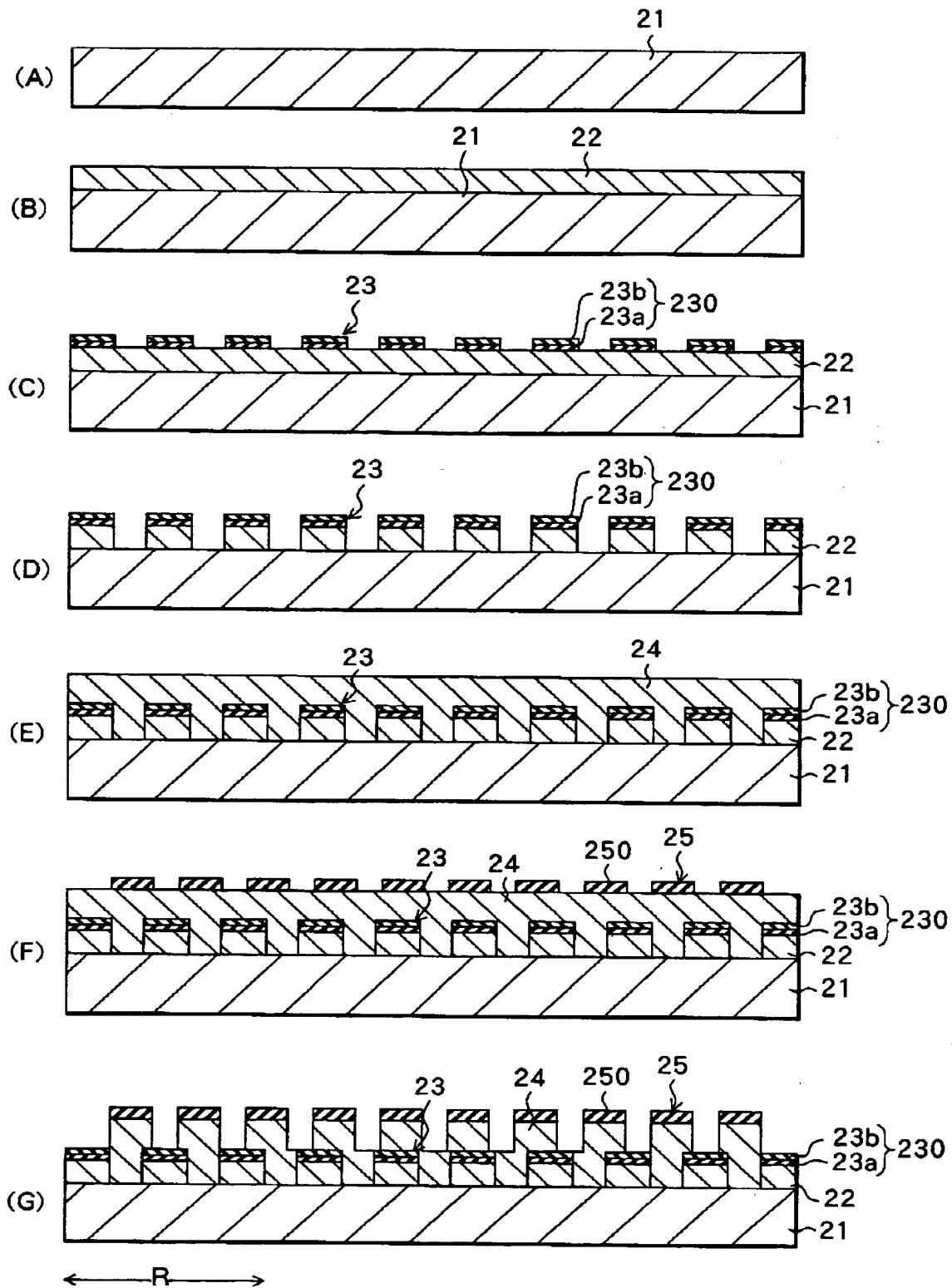




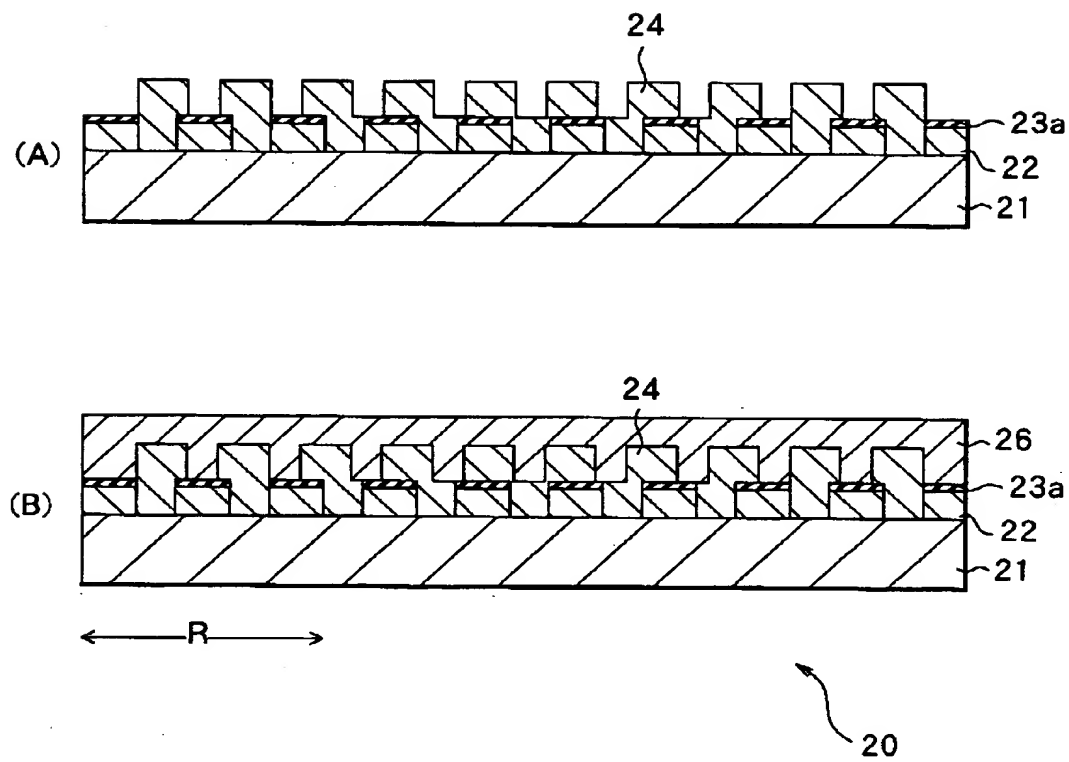
【図 8】



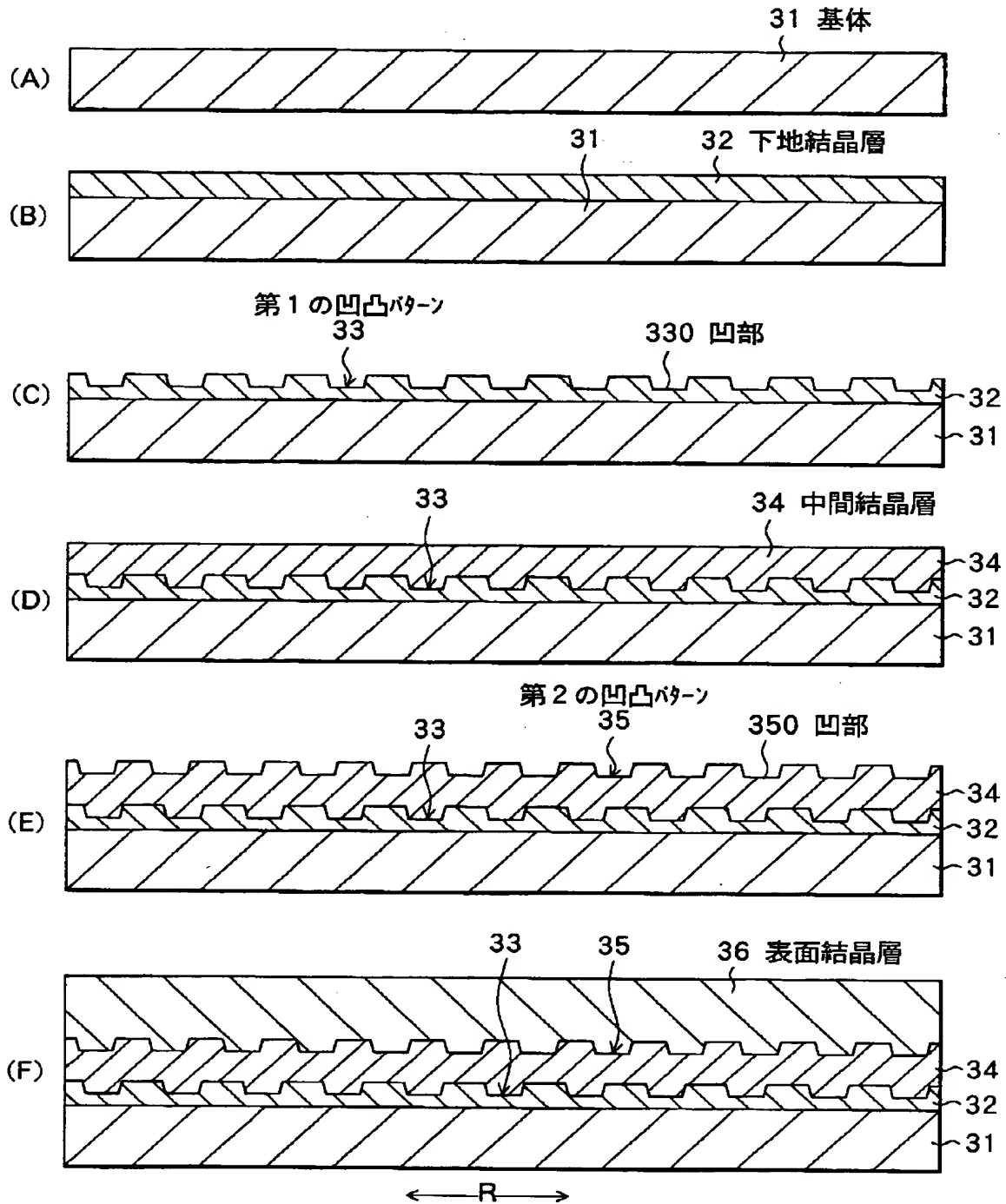
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造が簡単で貫通転位の無い良質な窒化物系 III-V 族化合物結晶基板および窒化物系 III-V 族化合物結晶膜、それらを製造するための結晶製造方法、およびそれらを用いたデバイスの製造方法を提供する。

【課題手段】 基体 11 の表面に、窒化物系 III-V 族化合物である例えば GaN を MOCVD 法などにより成長させて下地結晶層 12 を形成し、その下地結晶層 12 の表面には例えば SiO<sub>2</sub> からなる第 1 のマスクパターン 13 を形成する。下地結晶層 12 の表面において第 1 のマスクパターン 13 に覆われていない面には、例えば GaN をさらに成長させて中間結晶層 14 を形成し、その中間結晶層 14 の表面には、例えば SiO<sub>2</sub> からなる第 2 のマスクパターン 15 を形成する。中間結晶層 14 の表面において第 2 のマスクパターン 15 に覆われていない面には、例えば GaN をさらに成長させて表面結晶層 16 を形成する。第 1 のマスクパターン 13 および第 2 のマスクパターン 15 は、いずれも、一方向に一定間隔を開けて配列されたストライプを有している。第 1 のマスクパターン 13 と第 2 のマスクパターン 15 は、ストライプの配列周期が互いに異なっており、少なくとも一部では結晶層の厚さ方向に重なり合い、少なくとも一部では重なり合わないようになっている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社